

Jyri Kivistö

Testilaitteiston suunnittelu ja toteutus TC V3

Opinnäytetyö
Sähkö- ja automaatiotekniikka

2018



Tekijä/Tekijät	Tutkinto	Aika
Jyri Kivistö	Insinööri (AMK)	Tammikuu 2018
Opinnäytetyön nimi Testilaitteiston suunnittelu ja toteutus TC V3		27 sivua 3 liitesivua
Toimeksiantaja Mipro Oy		
Ohjaaja Teemu Manninen, Tommi Kokkonen		
Tiivistelmä <p>Raportissa käsitellään Mipro Oy:lle suunniteltua käyttöön otettavien vaihteenohjainten testaukseen kehitettyä testilaitteistoa. Suunnittelun perustana oli laitteiston pysyvyys ja laajennettavuus; tarkoituksena laitteiden vanhentaminen ja toiminnan varmentaminen ennen käyttöönottoa. Kaapin asennuslevyjen kalustus ja kytkentäkuvat suunniteltiin E3.schematic-ohjelmistolla, logiikkaohjelmointi Silworx-ohjelmistolla.</p> <p>Testikaappiin voidaan kytkeä yhdestä kahdeksaan TC V2- tai TC V3 -vaihteenohjainta. Kaapissa on myös tilavaraus MTC-1-vaihteenohjaimille. Testaus suoritetaan yhdellä tai kahdella vaihteenkääntölaitteella. Kytkettyjen kääntölaitteiden määrä määritetään käyttöliittymästä. Kaappiin suunniteltiin relesuojaus estämään vaihteenohjaimien virheellisestä ohjauksesta johtuva vaurioituminen sekä vaihtamaan kääntölaitteiden määrästä riippuen kääntölaitteiden ohjauskytkentä. Releiden ohjaus ja valvonta suoritetaan Himax-logiikalla.</p> <p>Laitteistoon suunniteltu ohjelma suorittaa diagnosoinnin kytketyille laitteille, joka antaa toiminnan suoritettuaan luvan testitoiminnon aloittamiselle. Testin alussa voidaan määrittää testin kesto. Testaus suoritetaan vaihteenohjaimille yksittäin tai kaksi kerrallaan vaihteenkääntölaitteiden määrästä riippuen. Ohjelma on suunniteltu Himax-logiikalle. Testikaapissa on varaus myös Himatrix- ja Hiquad-sarjan logiikoille. Testin kulkua ohjataan ja valvotaan käyttöliittymällä. Testin kulusta ja mahdollisista vaihteenohjainvicioista saadut tiedot tallennetaan käyttöliittymän lokiin.</p> <p>Testikaappien laitteiston ja ohjelman yhteistoiminta testataan vuoden 2018 aikana. On mahdollista, että osaa suunnitelluista toiminnoista muutetaan testauksessa havaittavista ongelmista ja laitteiston todellisen käytön aikana ilmenneistä tarpeista johtuen.</p>		
Asiasanat testaus, testauslaitteet, raideliikenne, automaatiojärjestelmät		

Author (authors)	Degree	Time
Jyri Kivistö	Bachelor of electrical and automation engineering	January 2018
Thesis title		27 pages 3 pages of appendices
Design and implementation of test installation for point control units		
Commissioned by		
Mipro Oy		
Supervisor		
Teemu Manninen, Tommi Kokkonen		
Abstract		
<p>Objective of the thesis was to design a test environment for Mipro's equipment, which intended use is to test Mipro's point control units, and later other equipment as well. Base of the design was a permanent and expandable installation; ensuring the unit functionality before the implementation in the interlocking system. Schematic and layout of the system was designed with E3.shematic, logic programming with Silworx.</p> <p>Test installation can be used with one or up to eight TC V2- or TC V3 -point control units. It also has reservation for MTC-1 units. Testing is done with one or two point control motors. Number of the point control motors is defined on the user interface. System has relays, which aims to prevent damage for the point control units from the point motors main power, and switches the point motors power supply connection based on the number of the point motors. Himax PLC controls and monitors the relay operations.</p> <p>The designed test program for the system starts by running a diagnostic operation that detects connected point control units and then gives the permit for the test to start. Duration of the test can be defined in the beginning of the test. The point control units are tested one-by-one or two at the time, depending on the number of the connected point control motors. Program is designed for Himax PLC. Test operations can be monitored and controlled via the user interface.</p> <p>The installation and the program will be tested jointly, after the assembly of the system. It is preferable to acknowledge that some of the system operations may change during the joint tests.</p>		
Keywords		
testing, testing equipment, rail traffic, automation systems		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	TESTIKAAPIN LAITTEISTO	5
2.1	TK L01 ja L02	6
2.1.1	Testilaitteiston I/O	6
2.1.2	Himax.....	8
2.2	TK L03 ja L04	8
3	VAIHDE JA VAIHTEENOHJAIN	9
3.1	Vaihteenohjaimen ohjelmallinen toiminta asetinlaitteessa	10
3.2	Vaihteenohjaimen ohjelmallinen toiminta testilaitteistossa	10
4	TESTILAITTEISTON TOIMINTA	11
4.1	Vaihteenohjaimien suojaus	11
4.2	Kahden kääntölaitteen käyttö	13
4.3	Laitteiston toiminta testin aikana	15
5	TESTILAITTEISTON OHJELMALLINEN TOIMINTA	16
5.1	Diagnoosi-blokki	17
5.2	Testikomennot-blokki	18
5.3	Lupakäsittely-blokki	20
5.4	Pakintestaus-blokki	21
6	KAAPPITESTAUS JA KÄYTTÖLIITTYMÄ	22
7	LOPPUSANAT	22
	LÄHTEET	23
	KUVALUETTELO	24
	TAULUKKOLUETTELO	24

LIITTEET

Liite 1. Vaihteen ohjelmistoarkkitehtuuri (Läntinen 2016)

Liite 2. Testikaappi TC V3, piirustukset, TK L01 ja L02 layout (Kivistö 2017)

Liite 3. Testikaappi TC V3, piirustukset, TK L03 ja L04 layout (Kivistö 2017)

1 JOHDANTO

Mipro Oy:llä on pitkään ollut tarve testiympäristölle käyttöönotettavien laitteiden vanhentamiseen ja testaamiseen. Käyttöönotettavien laitteiden vanhentamisella varmennettaisiin laitteiston toimintaa ja välttyttäisiin vikojen ilmenemiseltä kaappitesteissä. Toistaiseksi laitteiden testaus on tapahtunut väliaikaisilla laitekohtaisilla ratkaisuilla. Testilaitteiston suunnittelu todettiin tarpeelliseksi, ja työ nähtiin hyväksi aiheeksi opinnäytetyölle (Läntinen 2017).

Opinnäytetyö rajattiin koskemaan vaihteenohjaimien testausta sisältäen logiikkaapin ja vaihteenohjainkaapin suunnittelun ja toteutuksen. Suunnittelun lähtökohtana testikaapissa on laajennettavuus ja pysyvyys. Työssä selvitettiin mahdollisuutta käyttää yhtä tai kahta kääntölaitetta useammalla vaihteenohjaimella. Usean vaihteenohjaimen käytön vuoksi oli tarpeen suunnitella menetelmä estämään usean vaihteenohjaimen kytkeytyminen samaan piiriin vaihdemoottorin kanssa (Kokkonen 2017). Kaapit suunniteltiin E3.schematic-ohjelmistolla ja ohjelmoitiin Silworxillä.

TC V3 on vaihteenohjaimen uusi versio. TC V2 ei eroa testilaitteiston toimintojen kannalta olennaisesti TC V3 -mallista. Vaihteenohjaimesta puhuttaessa käytetään usein nimitystä vaihdepakki, mistä johtuen raportissa on paikoin tekstin sujuvuuden vuoksi käytetty vaihteenohjaimen sijaan sanaa *pakki*.

Raportissa releiden, kontaktoreiden ja riviliittimien nimien juoksevassa numeroinnissa on käytetty joissakin tapauksissa merkkiä x, kuvaamaan yhtä laitetta, tapauksessa jossa vastaavaa toimintoa suorittaa useampi laite. Testikaapissa on esimerkiksi kahdeksan 2K relettä (esim. 2K1, 2K2 jne.), jolloin yhdestä releestä voidaan käyttää nimeä 2Kx.

2 TESTIKAAPIN LAITTEISTO

Suunniteltu testijärjestelmä koostuu neljästä yksipuolisesti kalustetusta Rittalin TS 8 -sarjan 800 mm x 2000 mm kaapista (Rittal 2017). Karkeasti jaettuna ensimmäiset kaksi kaappia (TK L01 ja L02) sisältää logiikan, logiikan riviliittimet ja virransyötön, toiset kaksi (TK L03 ja L04) sisältää vaihteenohjaimet sekä vaihteenohjaimien testaukseen tarvittavat laitteet. Kaappien asennuslevyjen kalustus on esitetty liitteissä kaksi ja kolme.

2.1 TK L01 ja L02

Ensimmäinen kaappi (TK L01) sisältää testilaitteiston logiikat, työtason, virransyötön, termostaatit, maavikavahdin ja DIN-kiskoon kiinnitettävän käyttöliittymätietokoneen. Testikaapin TC V2- ja TC V3 -laitteiston testaustoiminnot on suunniteltu toimimaan turvalogiikkavalmistaja HIMA:n Himax-logiikalla. Testikaappiin haluttiin myös mahdollisuus vaihteenohjaimien testaukseen muilla Miprolla käytössä olevilla logiikoilla, joten kaappiin lisättiin varaukset Hiquad- ja Himatrix-logiikoille karsitulla IO-määrällä (Lyhenteellä IO = Input Output, tarkoitetaan logiikan valvomia tuloja ja ohjaamia lähtöjä). Lisälogiikoiden IO määrä on suunniteltu ohjaamaan kahta vaihteenohjainta. Logiikan vaihtoa on pyritty helpottamaan käyttämällä kaksikerroksisia Phoenix Contactin PTTB 1.5/S/4P -pistokeriviliittimiä (Phoenix Contact 2017). Pistokeriviliittimet mahdollistavat myös L03:n ja L04:n (TC V3 testilaitteiston) irrottamisen, joten mahdollisten lisäkaappien laitteet voidaan suunnitella käyttämään samaa logiikkaa ilman tarvetta IO-määrän lisäämiselle. Lisälogiikat on kaapeloitu siten, että IO-järjestyksen ollessa Himaxin kanssa yhtenevä, voidaan logiikat liittää pistokeriviliittimiin ilman erillisiä toimia.

Testikaapit liittyvät verkkovirtaan TK L01 -riviliittimille tuodulla 3-vaiheliitynnällä. Kaappien virta saadaan katkaistua kaapin TK L01 1S1-pääkytkimellä. Kaapissa on myös 24VDC jännitelähde (QUINT-PS/3AC/24DC/20) (Phoenix Contact 2017).

2.1.1 Testilaitteiston I/O

Suunnittelussa testilaitteistossa on 99 tuloa ja 59 lähtöä. IO voidaan toimintojen perusteella jakaa: kaapin yleisiä toimintoja valvovaan ja ohjaavaan kahdeksaan tuloon ja kahteen lähtöön, vaihteenohjaimien testiohjelman liittyviin kolmeen tuloon ja yhteen lähtöön sekä vaihteenohjaimien toimintojen 88 tuloon ja 56 lähtöön. Yleisiä toimintoja on listattu taulukkoon 1.

Taulukko 1. Testilaitteiston yleiset toiminnot

Tulot	Lähdöt
L01 jännitelähdtevalvonta	24VDC maavikatestaus
L01 24V maavikavalvonta	400V maavikatestaus
L01 lämpötila yli +40C	
L01 lämpötila yli +60C	
logiikan tuuletin valv.	
Tietoliikenne valv.	
L02 vaihdemuunt. maavikavalv.	
L02 vaihdemuunt. 3-vaihevalv.	

Taulukon 1 tulot ja lähdöt liittyvät kaapin valvontaan, eivätkä ole vaihteenohjaimien testauksen kannalta välttämättömiä. Vaihteenohjaimien testausta ohjaavat yleiset tulot ja lähdöt on listattu taulukkoon 2.

Taulukko 2. Vaihteenohjaimien testaukseen liittyvät toiminnot

Tulot	Lähdöt
2. kääntölait. käyttö valv.	yhden kääntölaitteen käyttö
V1-V4 ohj. Valv.	
V5-V8 ohj. Valv.	

Taulukon 2 ”2. kääntölait. käyttö valv.” valvoo kontaktoria 4Q1, jota ohjaavaa relettä 4K1 ohjataan lähdöllä ”Yhden kääntölaitteen käyttö”. Tulot ”V1-V4 ohj. Valv.” ja ” V5-V8 ohj. Valv.” valvovat releitä 3K1 ja 3K2. Releiden toiminnot on kuvattu kappaleessa 4.2. Taulukossa 3 on listattu yhden vaihteenohjaimen toimintoja valvovat tulot ja ohjaavat lähdöt.

Taulukko 3. Vaihteenohjaimen tulot ja lähdöt testilaitteistossa

Tulot	Lähdöt
nollavirran ilmaisu	suunta F ohjaus
valvonta asento A	suunta R ohjaus
valvonta asento B	lukitusohjaus
aukijon ilmaisu	käännönohjaus rele K3
valvontavika (virtavika)	eristysvian testaus
K1 releen suunta	käyttö
K2 releen suunta	komentorele ohj.
eristysvian ilmaisu	
syöttö kontaktorin valv.	
käyttö valv.	
virransyötön summav.	

Testikaapin TC V3 testitoimintoihin liittyen vaihteenohjaimille on tavanomaisen IO toimintojen lisäksi lisätty ”käyttö valv”, sekä ”käyttö”. Tulo ”käyttö valv.” valvoo releen 2Kx, sekä kontaktorin 2Qx toimintaa. Lähtö ”käyttö” ohjaa relettä 2Kx.

2.1.2 Himax

Testilaitteiston Himax-logiikassa käytetään kymmenen moduulipaikan pohjalevyä (X-BASE PLATE 10 01). Himax-järjestelmässä moduuleja on mahdollista käyttää redundanttisesti. Levyn kahteen ensimmäiseen moduulipaikkaan on asennettavissa X-SB 01 (System Bus moduuli). Testilaitteiston ei ole tarpeellista toimia redundanttisesti, joten toisella SB-moduulipaikalla on tyhjä moduuli X-BLK 03. Logiikan CPU (X-CPU 01 Processor Module) on paikalla kolme. Myös CPU on mahdollista asentaa redundanttisesti, jolloin toinen CPU-moduuli olisi paikalla neljä. Testilaitteistossa moduulipaikat neljä ja viisi on varattu logiikan X-DI 64 01 tulokorteille, moduulipaikat kuusi ja seitsemän logiikan X-DO 32 01 lähtökorteille (HIMA 2011). Himax-logiikan layout on kuvattu liitteessä 2.

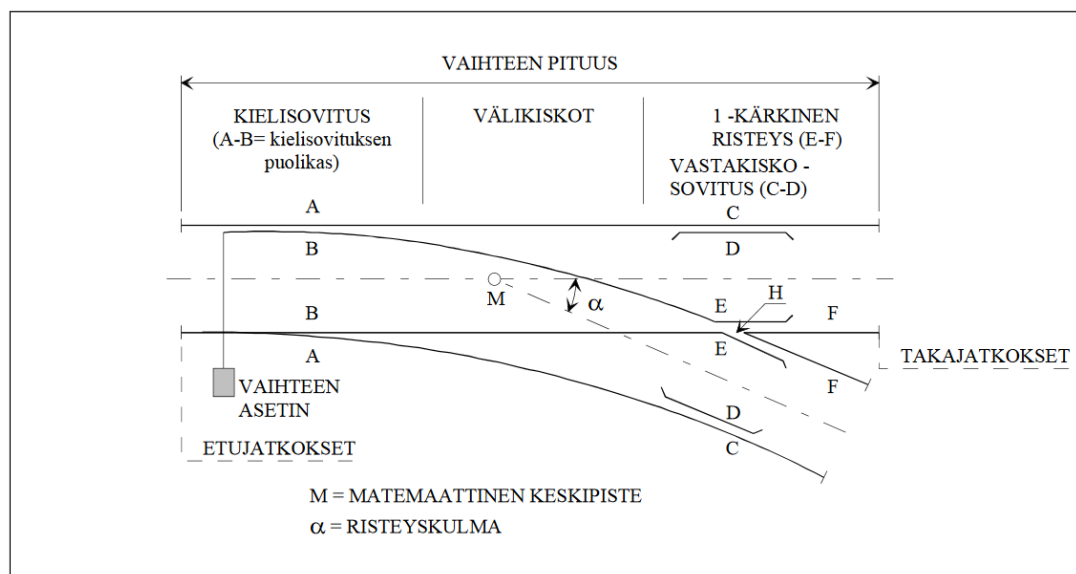
2.2 TK L03 ja L04

Testikaapin kolmas kaappi TK L03 sisältää varaukset kahdeksalle TC V2- ja TC V3 -vaihteenohjaimelle sekä varauksen vaihteenohjaimen ensimmäiselle versiolle (MTC-1). Vaihtoehtoisesti MTC-1-pakeille varattu tila on mahdollista käyttää TC V2- ja TC V3 -vaihteenohjaimien testauskapasiteetin kasvattamiseen, kaapin L04 asennustila ei tähän riitä, mutta tarpeen vaatiessa asia on hyvä huomioida mahdollista lisäkaappia L05 suunniteltaessa. Kaapissa L03 on myös 3kVA erotusmuuntaja vaihteenohjaimien 400VAC syötölle sekä kaappien L03 ja L04 vaihtovirran katkaiseva kytkin. Kytkein ei katkaise jännitelähteen 24VDC virtaa. 24VDC virta saadaan katkaistua kaapin L01 pääkytkimellä.

Vaihteenohjaimien toimintoja ohjaavat releet ja kontaktorit on sijoitettu kaappiin L04. Releiden toiminta on kuvattu kappaleessa 4.1. Vaihteenkääntölaitteiden 4-johdin järjestelmä kytkeytyy kaapin L04 XKL riviliittimiin. Vaihteenohjaimet voidaan erottaa vaihteenkääntölaitteesta myös mekaanisesti katkaistavilla jousiriviliittimillä X2V (ST 2.5-MT).

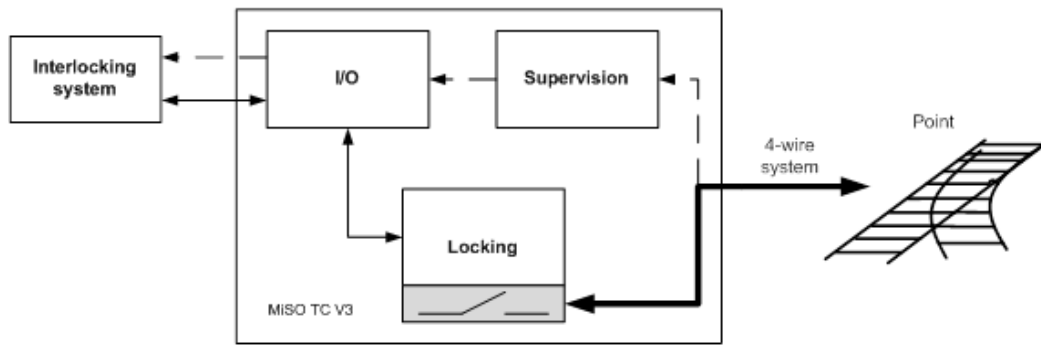
3 VAIHDE JA VAIHTEENOHJAIN

Vaihteella (kuva 1) tarkoitetaan rautatieliikenteessä käytettyä kokonaisuutta, jolla kiskoilla kulkeva kalusto voidaan siirtää raiteelta toiselle. Raiteenvaihto tapahtuu kielisovituksen asentoa vaihtamalla, jolloin liikenne ohjautuu välikiskojen kautta halutulle raiteelle (Liikennevirasto 2013). Vaihteenasetin, minkä osana raportissa mainittu kääntölaite toimii, ohjaa vaihteen kieliä. Vaihteen häiriötön toiminta osana asetinlaitteistoa on raideliikenteen sujuvuuden kannalta tärkeää. Virheellinen toiminta voi pahimmillaan johtaa henkilövahinkoihin.



Kuva 1. Vaihteen pääosat (Liikennevirasto 2013)

TC V3 -vaihteenohjain toimii logiikan rajapintana vaihteenkääntölaitteelle osana Mipron MiSO TCS -asetinlaitejärjestelmää. Ohjaimessa 400VAC syöttöjännite (L1, L2, L3, N, PE) kytkeytyy liittimeen X4, vaihde liittimeen X5 (L1, L2, L3, N, PE), ohjaus- ja valvontakaapeli ohjaimen ja logiikan välillä liittimeen X1 (17-johdinta). Ohjain toteuttaa vaihteenkäännön kytkemällä 400VAC käytösähkön kääntölaitteelle asetinlaitelogiikan ohjaamana. 400VAC tehosityöttöä varmennetaan logiikan erikseen ohjaamalla kontaktorilla (testilaitteistossa 1Qx). Käännön päätyminen, eli vaihteen pääteasento, tunnistetaan nollajohtimen virrasta. 4-johdinkytkenässä ohjain havaitsee vaihteen asennon normaalitilassa, eli vaihteenkääntöjen välillä, 60VDC valvontajännitteen avulla. (Kokkonen 2017). Normaalitilaa hyödynnetään testiohjelmiston alustusvaiheessa kytkettyjen pakkien havaitsemiseen.



Kuva 2. Vaihteenohjaimen sijainti ohjausketjussa (Kokkonen 2017)

Asetinlaitejärjestelmässä TC V3 asettuu asetinlaitteen ja vaihdemoottorin välille (kuva 2). Vaihteen ohjaus ja valvonta tapahtuvat I/O-rajapinnan kautta.

3.1 Vaihteenohjaimen ohjelmallinen toiminta asetinlaitteessa

Mipron asetinlaitteen ohjelmallisessa arkkitehtuurissa OC-blokki (Object Control) vastaa vaihteenohjaimen toiminnoista. Toimiakseen osana asetinlaitejärjestelmää OC-blokki vaatii ohjauksen kulkuteistä ja luvista vastaavalta GEC-blokilta (Geometric Element Controller) ja tehosyötön hallinnan PM-blokilta (Power Management). ISC-blokki (Indication & Simulation Control) hallitsee simulointia sekä HMI (Human Machine Interface) -toimintoja (Pylvänäinen 2007). Laitteiston ohjelmistoarkkitehtuuri on kuvattu liitteessä 1.

3.2 Vaihteenohjaimen ohjelmallinen toiminta testilaitteistossa

TC V3:n laitteiston testaamisessa ei testiohjelman tapauksessa ole tarpeellista ottaa kantaa asetinlaiteohjelmistossa käytettyihin kulkuteihin, mistä johtuen kulkuteitä hallinnoiva GEC on jätetty testiohjelmistosta pois. 400VAC tehosityöttä hallinnoiva PM ei ole testiohjelmistossa käytössä, sen sijaan 400VAC tehosityötön ohjaus on siirretty toimimaan testiohjelmiston yhteyteen. Tila- ja mahdolliset vikatiedot tuodaan käyttöliittymälle suoraan OC-blokilta, mistä johtuen myös ISC-blokki on jätetty testiohjelmistosta pois. OC-blokki toteuttaa vaihteenohjaimen testaamisen kannalta oleelliset toiminnot (Läntinen 2016)

- pääteasentojen tunnistus ja valvonta
- kääntösekvenssi ajoituksineen (vaihdekohtainen kääntöajastin)
- aukiajon havaitseminen ja ilmaisu

- vaihdevian havaitseminen ja ilmaisu
- tuki kahdelle kääntölaitteelle
- ilmaisujen ja tilojen muodostus ISC/HMI-toiminnoille
- laitteistovikojen tunnistus ja vikailmaisut.

Vaihteenohjauksen ohjelmallinen keventäminen on syytä ottaa huomioon kaa-pin toimintojen testauksessa. Laitteistosuunnittelu ei estä puuttuvien blokkien lisäämistä ohjelmaan tarvittaessa.

4 TESTILAITTEISTON TOIMINTA

Testikaapin tarkoituksena on testata useampaa vaihteenohjainta, lähtökohtaisesti yhdellä, tai myöhemmin mahdollisesti kahdella kääntölaitteella. Normaalitilanteessa vaihteenohjain ohjaa ja valvoo kiinteästi yhtä kääntölaitetta, joten testikaapissa ei ollut mahdollista käyttää normaalitilanteissa käytettävää kytkentää. Testilaitteiston pakeille oli siis tarpeellista kehittää suojaus, jotta testi-toimintoa suorittavan pakin 400VAC kääntölaitteelle tarkoitettu ohjausvirta ei vaurioittaisi testivuoroa odottavia pakkeja. Tästä syystä ensimmäisen pakin suorittaessa testitoimintoja, muut pakit kytketään logiikan ohjaaman kontaktorin avulla irti kääntölaitteen 400VAC virtapiiristä.

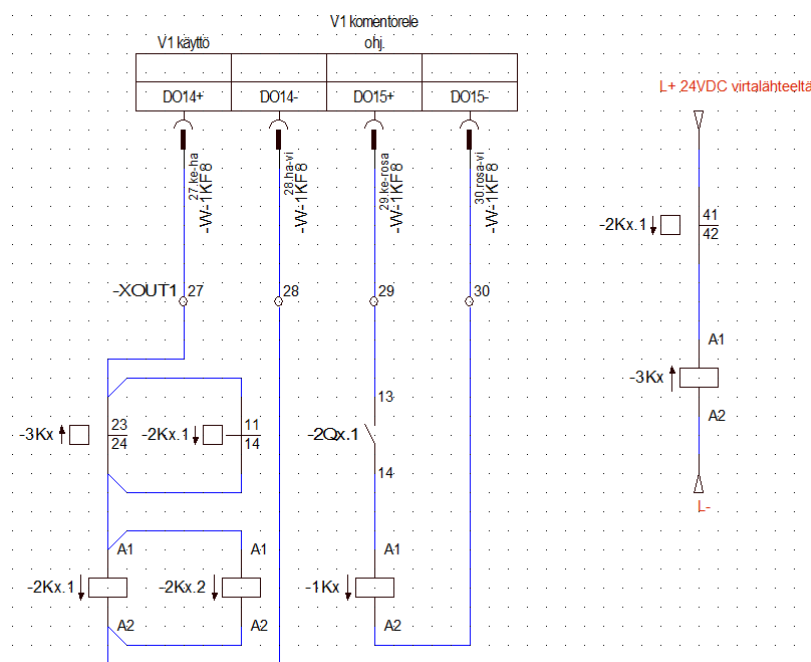
Testaus aloitetaan kytkemällä testattavat vaihteenohjaimet kiinni testikaappiin ja käynnistämällä testauksen alustava ohjelmaosio käyttöliittymästä, mikä havaitsee kytketyt pakit (kappale 5.1). Kun ohjelma on havainnut vaihteenohjaimet, voidaan käyttöliittymästä suorittaa halutut testit. Testikaappia on mahdollista käyttää suunnitellun ohjelman lisäksi myös laajemmin ohjelmatestauksessa. Muita ohjelmia käytettäessä on kuitenkin hyvä huomioida 2K-releiden toiminta ja mahdollisuus kytkettyjen vaihteenohjaimien vaurioitumiselle.

4.1 Vaihteenohjaimien suojaus

Vaihteenohjaimien suojaus 400 VAC ohjausvirralla toteutettiin lisäämällä kontaktori 2Q (ABB, AF09-30-10-11) erottamaan vaihteenohjaimet vaihdemoottorista. 2Q-kontaktoria ohjataan releellä 2Kx.1, jonka rinnalle kytketty 2Kx.2 katkaisee vaihteenohjaimen 24 VDC ohjaus- ja valvontavirran. 2K-releet ovat logiikan ohjaamia Phoenix Contactin RIF-sarjan 4CO-releitä. Asetinlaitekäytössä vaihteenohjain valvoo kääntölaitetta jatkuvasti, mutta testikaapissa 2Q-

kontaktori katkaisee jatkuvan valvonnan, mikä mahdollisesti aiheuttaa tarpeettomia vikatietoja käyttöliittymälle. Tarpeettomien vikatietojen karsimiseen on syytä kiinnittää huomiota kaapin testivaiheessa.

Testiohjelmistossa 2Q-kontaktorin ohjauksessa on pyritty välttämään vaihteenohjaimien päällekkäisohjauksen mahdollisuus. Ohjelmointivirheiden varalle oli kuitenkin tarpeen kehittää myös mekaaninen suojaus vaihteenohjaimille. Suojaukseen käytettiin 4NO-, 1NC-releitä (Phoenixcontact PSR-SCP-24DC/URM4/4X1/2X2/B), jotka on nimetty 3K1 ja 3K2 sekä 2Kx (kuva 3).



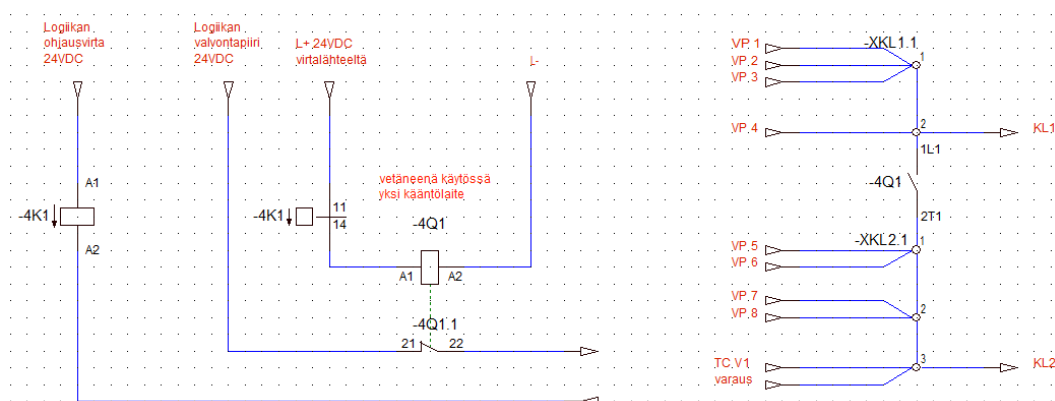
Kuva 3. Vaihteenohjaimien relesuojaus yksinkertaistettuna

Kuvan 3 mukaisesti logiikan ohjaama 2K-kelojen virta kulkee 3K-releen NO-kärkien kautta (3K toiminta kokonaisuudessaan kuvassa 5, s.14), jolloin jokaisen kytketyn vaihteenohjaimen 2K-ohjausvirta katkeaa 3K-releen ollessa normaalitilassa. Ohjattavan 2K-releen NO-koskettimet ovat rinnan 3K-releen kanssa, jolloin ohjattava rele ohittaa 3K-katkaisun. Relekytkennällä ei kuitenkaan saada estettyä 2K-releiden samanaikaisesti aloitettua ohjausta. Ongelma olisi mahdollista kiertää kytkemällä jokaisen vaihteenohjaimen 2K-ohjaukseen rele, millä katkaistaisiin muiden pakkien 2K-ohjaukset. Pakkien määrän vuoksi kytkennästä olisi kuitenkin tullut tarpeettoman sekava, ja releiden määrä olisi kasvanut huomattavasti, eivätkä releet olisi mahtuneet käytettyyn kaappiin. Lisäksi kytkentä olisi vaikeuttanut kahden kääntölaitteen samanai-

kaisen käytön suunnittelua. Yllä mainituista syistä johtuen 2K-releiden saman-
aikainen ohjaus on estetty ohjelmallisesti SFC-syklillä (Sequential Function
Charts) (International Electrotechnical Commission 2013), jossa 2K-ohjaus-
pyynnöt käsitellään yksitellen 200 ms portaissa. 2K-releenä käytetyn RIF-relei-
den tyypillisen vasteajan ollessa 13 ms (Phoenix Contact 2017) ja 3K PSR -
releiden tyypillinen vapautusaika puolestaan 10 ms (Phoenix Contact 2017)
tulisi releillä olla riittävästi aikaa suorittaa toimintansa. Näin siis pyritään var-
mistamaan releiden toiminta ja mahdollistamaan vikojen huomiointi ohjelmalli-
sesti.

4.2 Kahden kääntölaitteen käyttö

Testilaitteistossa on mahdollisuus kahden vaihteenkääntölaitteen samanaikaiselle käytölle. Kahdella vaihteenkääntölaitteella saadaan nostettua laitteiston testausnopeutta. Kaappiin on varattu riviliitinpaikat XKL1.x ja XKL2.x, joihin kääntölaitteet kytketään. Riviliittimiin on yhdistetty vaihteenohjaimilta tuleva kääntölaitteiden 400VAC 4-johdinsyöttö. Kahta vaihteenkääntölaitetta käytettäessä 4-johdinsyöttö kytketään vaiheittain: ensimmäinen vaihe riviliittimiin XKL1.1, toinen vaihe riviliittimiin XKL1.2, kolmas vaihe riviliittimiin XKL1.3, neljäs vaihe riviliittimiin XKL1.4. Toinen kääntölaite kytketään vastaavasti riviliittimiin XKL2.x. Vaihteenohjaimet 1-4 on kytketty riviliittimiin XKL1, vaihteenohjaimet 5-8 riviliittimiin XKL2. Testauksen valinta tapahtuu ohjelmallisesti 4K1-relettä ohjaamalla (Phoenix Contact, RIF-2-RPT-LDP-24DC/4X21), joka vetäenään laskee virran 4Q1-kontaktorin kelalle (ABB, AF09-30-10-11). Riviliittimet XKL1 ja XKL2 on erotettu toisistaan kontaktorilla 4Q1 siten, että yhtä kääntölaitetta käytettäessä XKL1 ja XKL2 ovat samassa piirissä, kahta kääntölaitetta käytettäessä riviliittimet ovat erotettuina toisistaan (kuva 4).



Kuva 4. 4Q1-kontaktorin toiminta XKL-riviliittimien ja logiikan valvontapiiriin osalta

blokki (Kappale 5.1) tarkastaa jokaisen vaihteenohjaimen yksitellen. Releiden valvontatietoa tarkastelemalla voidaan määrittää kääntölaitteiden oikea kytkentä. Kytkeytyt pakit havaitaan vaihteenohjaimien valvontatietojen perusteella.

4.3 Laitteiston toiminta testin aikana

Testitoiminta alkaa käyttöliittymällä annetulla diagnoosikomennolla, jolla pyritään havaitsemaan kytketyt vaihteenohjaimet ja kääntölaitteet. Diagnoosista vastaavan ohjelmalohkon toimintaa on kuvattu kappaleessa 5.1. Logiikka aloittaa toiminnan ohjaamalla 2K-releitä (kuva 5) yksitellen. Ohjattu rele sulkee vaihteenohjaimen ja vaihteenkääntölaitteen 4-johdinkytkennän katkaisevan 2Q-kontaktorin NO-koskettimet mahdollistaen vaihteen havaitsemisen vaihteenohjaimen valvontapiirin avulla. Samalla varmistetaan 3K-relevarmistuksen toiminta. Kääntölaitteiden määrästä riippuen 2K-releen ohjaus katkaisee 3K-releen syötön. Logiikka tarkkailee laitteiden yhtenäistä toimintaa. Jos vaihteenohjain toimii oletetusti 2K-ohjauksen aikana, tila merkitään muistiin ja siirytään ohjaamaan seuraavaa 2K-relettä. Diagnoositilassa käydään kaikki releet läpi kytkettyjen vaihteenohjaimien määrästä riippumatta. Kytkeytyistä pakkeista ja kääntölaitteista saatuja tietoja käytetään testitoiminnan ohjaukseen. Lisäksi releiden läpikäynnillä pyritään havaitsemaan kytkentävirheet ja välttämään niistä aiheutuvat vauriot laitteistolle.

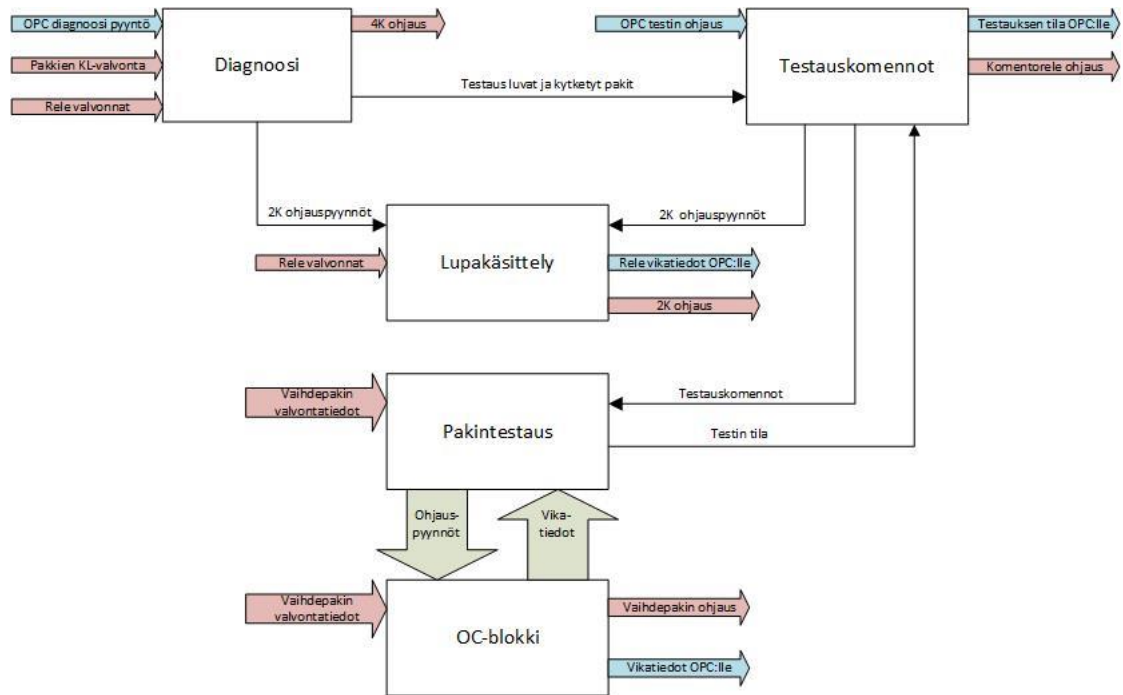
Kun testilaitteiston diagnoosisekvenssi on suoritettu, voidaan käyttöliittymästä käynnistää testin pääosuus. Käyttöliittymään määritetään testin pituus tai kierrosmäärä. Vaihtoehtoisesti testi voidaan käynnistää ilman määritelmää, jolloin testi pysyy käynnissä, kunnes toiminta lopetetaan käyttöliittymästä. Testauksen toiminnassa käytetään hyväksi diagnoositoiminnosta saatuja tietoja kytkettyjen pakkien määrästä ja kääntölaitteista. Testin pääosuus ei releiden ohjauksen kannalta eroa juurikaan diagnoosin periaatteesta. 2K-releitä ohjataan pakkikohtaisesti. Jos käytössä on kaksi vaihteenkääntölaitetta, ohjataan kahta 2K-relettä samanaikaisesti. Eroavaisuus testitoiminnossa diagnoositoimintoon nähden on 2K-releen ohjauksen aikana suoritettava testisekvenssi (kappale 5.4), jolla pyritään havaitsemaan vaihteenohjaimen viat. Testauksen aikana logiikka vertaa releiden ohjaus- ja valvontatietoja pyrkien havaitsemaan virheel-

lisen toiminnan. Vikatapauksesta riippuen testi tai sen osa keskeytetään. Havaittuja vaihteenohjaimien vikoja voidaan tarkastella käyttöliittymän lokista. Testi voidaan käynnistää uudelleen nollaamalla testi käyttöliittymästä.

5 TESTILAITTEISTON OHJELMALLINEN TOIMINTA

TC V3 -vaihteenohjaimien testitoiminnot ohjelmoitiin Himan silworx -ohjelmistolla Himax-logiikalle. Ohjelmaa on mahdollista käyttää Himax-logiikan lisäksi pienillä muutoksilla myös Himatrix-logiikassa. Hiquad-logiikkaa käytettäessä ohjelma on käännettävä Elop-ohjelmistolle.

Ohjelman testitoimintoja ohjaava osuus koostuu neljästä blokista (kuva 6). Blokilla tarkoitetaan logiikan ohjelmoinnissa käytettyä ohjelmalohkoa. Kolmella blokilla ohjataan testitoimintoja yleisellä tasolla ja annetaan testauspyyntö OC-blokkia ohjaavalle *Pakintestaus*-blokille. Testiohjelma käynnistetään käyttöliittymästä valitsemalla yhden tai kahden kääntölaitteen testi. Testin valinta käynnistää *Diagnoosi*-blokin, mikä tarkastaa vaihteenohjaimien oikean kytkennän ja releiden asiaan kuuluvan toiminnan. Jos toimintaehdot täyttyvät, antaa blokki luvan testisykliä käsittelevälle *Testauskomennot*-blokille. Se, onko kytkettynä (testauskomentoa annettaessa) yksi tai kaksi kääntölaitetta, ei ole testilaitteiston kannalta kriittistä. Ohjelmallisesti olisi mahdollista havaita kytketyt kääntölaitteen ja vaihteenohjaimet yhdellä komennolla, mutta vallinnalla saadaan varmennus kääntölaitteista myös testaajan osalta sekä nopeutetaan diagnoosin toimintaa. *Testauskomennot*-blokki on mahdollista käynnistää, kun *Diagnoosi*-blokki on suorittanut toimintansa hyväksytysti. Testin käydessä *Testauskomennot*-blokki komentaa *Pakintestaus*-blokkeja suorittamaan vaihteenohjaintestaukset. Toimintoja valvoo *Lupakäsittely*-blokki, joka ohjaa 2K-releitä ja valvoo releiden toimintaa keskeyttäen testauksen vikatilanteessa. Kuvassa 6 on kuvattu testiohjelmiston hierarkiaa.

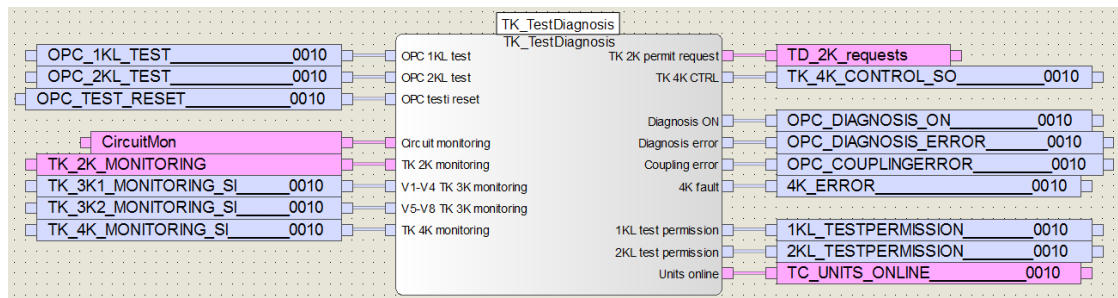


Kuva 6. Testiohjelmiston rakenne

Ohjelmaosien toiminnat on pyritty eristämään toisistaan ohjelmointivirheiden välttämiseksi. Testauskomennot-blokin toimintaa pyritään varmentamaan siirtämällä 2K-releen ohjaus lupakäsittely-blokille, mikä varmentaa toimintaa omalta osaltaan hyväksymällä 2K-releen ohjauksen ainoastaan diagnoosi-blokin määrittelemän testin rajoissa.

5.1 Diagnoosi-blokki

Diagnoosi-blokin (kuva 7) toiminta käynnistyy käyttöliittymältä annetusta testikomennosta testaten vaihteenohjaimien kytkennät yhden tai kahden kääntölaitteen kytkennälle. 4K-relettä ohjataan käyttöliittymän komennosta riippuen. Blokki tarkastaa releiden tiedot pyrkien havaitsemaan suunnitellusta eroavan kytkennän. Kytkennän ollessa kunnossa blokki jatkaa toimintaansa ohjaamalla SFC-ketjulla pakkikohtaisesti 2K-releitä liittäen vaihteenohjaimen kääntölaitteeseen, jolloin vaihteenohjaimen tulisi havaita valvontavirran avulla piirin eheys. Kun vaihteenohjaimen valvontapiiri havaitaan, tietoa verrataan 3K-valvontaan. Tieto tallentuu RS-kiikkuun, joko yhden tai kahden kääntölaitteen kytkentänä. 4K-relettä ohjattaessa molempien 3K-releiden valvontatieto tulisi olla tosi [TRUE]. 4K-releen ollessa normaalitilassa vain toisen 3K-releen valvontatiedon tulisi olla tosi [TRUE]. Jos saaduissa pakkitiedoissa ei ole ristiriitaa, annetaan testilupa testauskomennot-blokille.

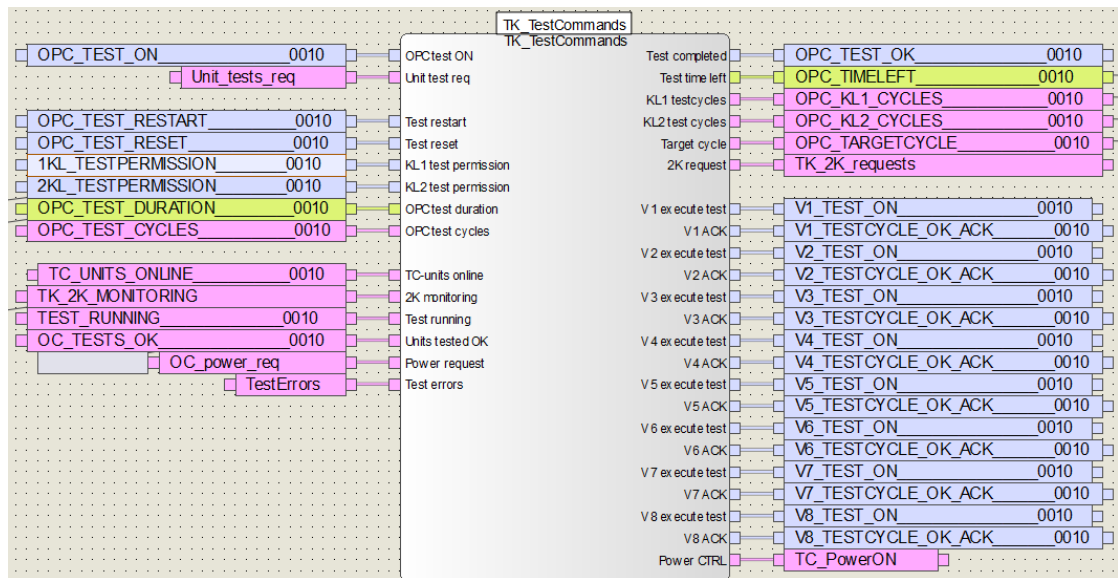


Kuva 7. Diagnoosi-blokki

Testilupa ja kytkettyjen pakkien tiedot välitetään testikomennot-blokille ja käyttöliittymälle. Annetusta luvasta riippuen 4K-releen ohjausta jatketaan. Ainoastaan Diagnoosi-blokki ohjaa 4K-relettä, muut blokit saavat releen tiedon 4Q-kontaktorin NC-valvontapiiriltä. Tarpeen vaatiessa diagnoosi-blokkiin voitaisiin lisätä myös testattavien vaihteenohjainten valinta ominaisuus, toistaiseksi blokki käy kaikki releet läpi.

5.2 Testikomennot-blokki

Testauskomennot-blokki (kuva 8) vastaa pääasiallisesti testin kulusta ja toimii testiohjelmiston runkona. Blokillä voidaan ohjata vaihteenohjaimien testausta: Yksitellen, antamalla komento käyttöliittymältä, kun testi on perustilassa; aikamääreen mukaan, määrittämällä testiohjelman kesto käyttöliittymällä; kierrosmäärän mukaan, määrittämällä tavoitekierrosmäärä käyttöliittymällä tai vaihtoehtoisesti testi voidaan käynnistää ilman erillistä määritelmää, jolloin testi pysyy käynnissä, kunnes se keskeytetään testaajan toimesta käyttöliittymällä.



Kuva 8. Testauskomennot-blokki

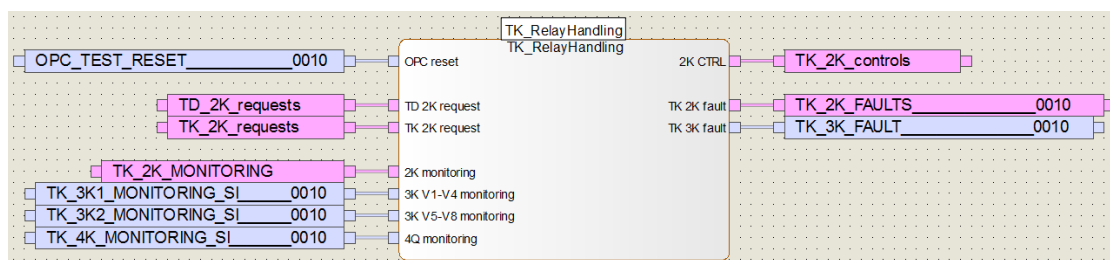
Aloittaessa toiminnan testauskomennot-blokki siirtyy diagnoosi-blokin antamasta luvasta riippuen joko yhden tai kahden kääntölaitteen testiin. Testin askeleita suoritetaan laskureilla. Yhden kääntölaitteen testissä yksi laskuri käy kaikki kahdeksan vaihteenohjainta läpi yksitellen pyytäen ensin lupakäsittely-blokilta 2K-ohjausta. Kun ohjauslupa on saatu, Testauskomennot-blokki ohjaa vaihteenohjainkohtaisen pakintestaus-blokin päälle. Kahta kääntölaitetta ohjattaessa pakkien 1-4 ja 5-8 toimintaa ohjataan erillisillä laskureilla, jolloin 2K-ohjauspyynnöt voidaan lähettää lupakäsittely-blokille kääntölaittekohtaisesti toisistaan riippumatta. Pakintestaus-blokin suoritettua testisyklin testauskomennot-blokki kuittaa ja siirtyy seuraavaan vaihteenohjaimeen nostamalla laskurin lukua. Jos pakintestaus-blokki ei saa suoritettua toimintaansa, testauskomennot-blokki ohittaa kyseisen vaihteenohjaimen seuraavalla kierroksella.

Komentoreleen ohjaus (1K-rele) tapahtuu normaalissa asetinlaiteohjelmassa PM-blokin toimesta. Testiohjelmassa komentoreleen ohjaus on siirretty Testauskomennot-blokin yhteyteen. Blokki ohjaa komentorelettä OC-blokin pyynnöstä vain saman vaihteenohjaimen testauksen ollessa käynnissä.

Testin suoritettuaan testauskomennot-blokki ilmoittaa käyttöliittymälle testin tilan. Testaus voidaan käynnistää uudelleen nollaamalla testi. Toistaiseksi nollauksen jälkeen vaaditaan uusi diagnoosikierros. Tarpeen vaatiessa ohjelmaan voi olla aiheellista lisätä erillinen nollaus testauskomennot-blokille.

5.3 Lupakäsittely-blokki

Lupakäsittely-blokillä (kuva 9) ohjataan 2K-relettä diagnoosi-blokin tai testaus-komennot-blokin pyynnöstä. Ohjaus tapahtuu jatkuvasti pyörivän SFC-syklin tahdittamana. Sykli tarkastaa vaihteenohjainkohtaisesti 2K-pyynnöt 200 ms portaissa. Kun pyyntö hyväksytään, 2K-releen ohjaus jää muistiin RS-kiikkuun. Ohjaus lopetetaan pyynnön lähettäneen blokin lopetettua kyseisen vaihteenohjaimen testauksen. Jos kääntölaite on varattu, 2K-relettä ei ohjata. Lupakäsittely-blokki valvoo myös 2K- ja 3K-relevikoja. 3K-vika havaitaan, jos yhden kääntölaitteen testin aikana 2K-releohjaus on päällä ja 3K1 tai [OR] 3K2-relevalvonta on epätosi [FALSE]. Kahden kääntölaitteen testin aikana 3K-vika havaitaan, kun 2K-relettä ohjattaessa vaihteenohjaimen valvonnasta vastaava 3K-relevalvonta on epätosi [FALSE]. 3K-vikahavainnon jälkeen valvottavan 2K-releen ohjauspyynnöt ohitetaan. Yhden kääntölaitteen testissä testiohjelma pysäytetään ja ohjelma siirtyy vikatilaan. Kahden kääntölaitteen testissä ohjelma jatkaa toimintaansa toisen kääntölaitteen osalta, jos kääntölaitteen valvonta ei ole vikatilassa. 2K-releen toimintaa valvotaan vertaamalla ohjaus- ja valvontatietoja keskenään. Vikatila ilmaistaan, jos 2K-releen ohjauksen ollessa päällä saman releen valvontatieto on tosi [TRUE]. Kun vikatila on havaittu, lupakäsittely ohittaa kyseisen 2K-releen ohjauspyynnön. Vikatilat nollataan käyttöliittymästä.



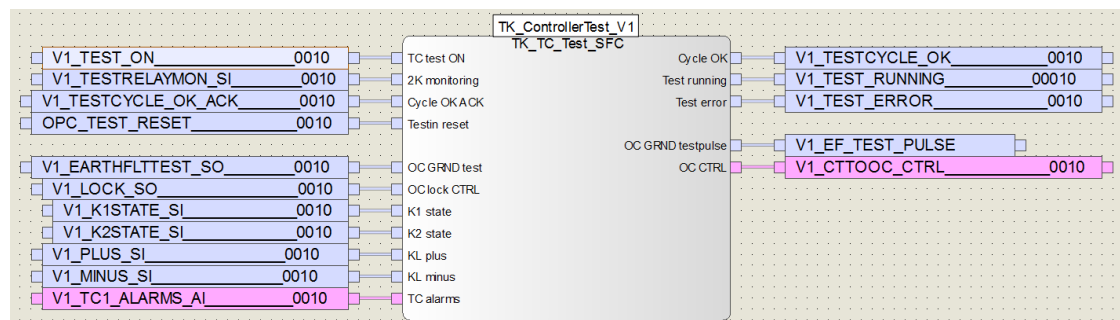
Kuva 9. Lupakäsittely-blokki

Lupakäsittely-blokillä pyritään saamaan varmuutta vaihteenohjaimien relesuojauksen toimintaan. Blokin tulisi toimia kohtalaisen autonomisesti myös muissa testilaitteistoon vaihteenohjaimien testaukseen suunniteltavissa ohjelmissa, jotta varmistutaan vaihteenohjaimien suojauksesta.

5.4 Pakintestaus-blokki

Pakintestaus-blokilla (kuva 10) pyritään testaamaan vaihteenohjainkohtaiset toiminnot. Blokin SFC-ketju käynnistyy, kun blokki saa testauskomennot-blokillta käskyn ja lupakäsittely-blokki on myöntänyt ohjattavan vaihteenohjaimen 2K-luvan (2K-releen valvontatieto = 0). Vaihteenohjaimen ohjaus tapahtuu OC-blokin >GEC-ohjausta käyttäen. Testiohjelmistossa >GEC-ohjaus on siirretty pakintestaus-blokille.

SFC-sykli alkaa maavikapulssilla ja jää odottamaan vastausta OC-blokillta. Kun OC kuittaa maavikatestauksen suoritetuksi, siirrytään SFC-ketjussa eteenpäin vapauttamalla vaihteenohjaimen lukitus. Vaihteenkääntö testataan ottamalla ennen ensimmäistä kääntöä kääntölaitteen tila talteen vaihteenohjaimen tuloja (asento A ja B) valvomalla. Kun tila vaihtuu, suoritetaan kääntötoiminto uudestaan. Kääntöjen jälkeen pakki lukitaan ja testauskomennot-blokille lähetetään tieto testin suorittamisesta.



Kuva 10. Pakintestaus-blokki

Pakintestaus-blokillta voidaan lähettää testivikatieto testauskomennot-blokille, jolloin vikatiedon lähettänyt vaihteenohjain ohitetaan testin seuraavilla kierroksilla, kunnes testaus nollataan käyttöliittymästä. Toistaiseksi vikatieto lähetetään ainoastaan maavikatestin epäonnistuessa, jolloin OC-blokki pyrkii uusimaan testin jättäen vaihdepakin maavikatestauksen käyntiin. Testin jatkumisen estäisi pakkitestien jatkumisen, joten vikatiedon lähettänyt pakki ohitetaan seuraavilla kierroksilla. Pakintestaus-blokille on asetettu maavikatestauksen ajaksi 60s, jonka jälkeen testi keskeytetään, jos OC-blokillta ei saada kuitausta maavikatestin suorittamisesta. Testisyklin toimintaan on syytä kiinnittää huomiota kaappitesteissä, jotta vaihdepakeista saadaan luotettavat testitiedot.

6 KAAPPITESTAUS JA KÄYTTÖLIITTYMÄ

Raportissa käsitelty testikaappi ja testiohjelmisto tullaan testaamaan kaapin kasauksen jälkeen. Opinnäytetyön raportoinnissa ei oteta kantaa kaapin laitteiston ja ohjelmiston todelliseen toimintaan. Kaappien valmistuminen on suunniteltu vuoden 2018 keväälle (Kaljunen 2017). Raportissa puhutaan suunnitelmista, joten osaa kaapin ohjelmallisesta toiminnasta on todennäköisesti tarpeen muuttaa kaappitestauksen aikana ilmenevien mahdollisten ongelmien vuoksi. Kaappiin on myös suunniteltava käyttöliittymä. Käyttöliittymän toiminta pyritään saamaan käyttäjäystävälliseksi, jotta vaihteenohjaimien testaus testilaitteistolla olisi sujuvaa, eikä käyttö vaatisi perehtymistä laitteiston yksityiskohtiin.

7 LOPPUSANAT

Työn tavoitteena oli suunnitella laitteisto vaihteenohjaimien vanhentamiseen ja testaukseen. Laitteiston suunnittelun perustana tuli olla pysyvyys ja laajennettavuus. Työssä laadituilla suunnitelmilla saatiin tilattua Mipro Oy:lle kiinteä testilaitteisto vaihteenohjaimien testaukseen. Suunnitellun laitteiston käyttöön oton jälkeen vaihteenohjainten testaamiseen ei vaadita testaajan jatkuvaa huomiota. Laitteistolla voidaan myös testata useita vaihteenohjaimia samanaikaisesti ilman tarvetta erillisille toimenpiteille testin käynnistämisen jälkeen. Näin säästetään aikaa. Järjestelmää voidaan laajentaa myös muiden laitteiden testaukseen myöhemmin suunniteltavalla L05-kaapilla. Järjestelmän toimissa odotusten mukaisesti kaappitestien jälkeen, voidaan opinnäytetyön tavoitteet todeta saavutetuksi myös käytännössä.

Järjestelmää suunnitellessa ymmärrys laitteistosta ja ohjelmasta kokonaisuutena vahvistui. Järjestelmän suunnittelu kokonaisuudessaan osoittautui hyvin mielenkiintoiseksi työkohteeksi. Työn avoimien lähtökohtien ansiosta omien ratkaisujen toteuttamiseen tarjoutui erittäin hyvät mahdollisuudet ja siten myös tilaisuus ratkaisutaitojen kehittämiseen. Laitteiston testauksessa tulee olemaan mahdollisuus tarkastella suunnitelmien toteutumista ja mahdolliset ongelmakohdat tarjoavat varmasti hyvän tarkastelupinnan omalle toiminnalle.

LÄHTEET

HIMA, 2011. *HIMax System Manual*, HIMA.

International Electrotechnical Commission, 2013. *IEC 61131-3*. International Electrotechnical Commission.

Kaljunen, A., 2017. *Mipro Oy tilaus 71105 Testikaappi*. Mikkeli.

Kivistö, J., 2017. *TUO-001745, Testikaappi TC V3, piirustukset*, Mikkeli.

Kokkonen, T., 2017. *HEN-002159_0.3 Lopputyön ohjaus Jyri Kivistö_testipenkin toteutus*.

Kokkonen, T., 2017. *TUO-001615_10.0 TC V3 tuotekuvaus*.

Liikennevirasto, 2013. *Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 4 Vaihteet*.

Läntinen, M., 2016. *PRO-037350_1.0, TC V2 SW Design Specification*.

Läntinen, M., 2017. *KEH-002270_0.2 Testipenkki AJ:lle*.

Phoenix Contact, 2017. *phoenixcontact.com*. [Online]
Available at: <https://www.phoenixcontact.com/online/portal/au?uri=pxc-oc-itemdetail:pid=3213865&library=auen&tab=1>
[Haettu 28 12 2017].

Phoenix Contact, 2017. *phoenixcontact.com*. [Online]
Available at: <https://www.phoenixcontact.com/online/portal/us?uri=pxc-oc-itemdetail:pid=2981677>
[Haettu 27 12 2017].

Phoenix Contact, 2017. *phoenixcontact.com*. [Online]
Available at: <https://www.phoenixcontact.com/online/portal/us?uri=pxc-oc-itemdetail:pid=2903308>
[Haettu 27 12 2017].

Phoenix Contact, 2017. *phoenixcontact.com*. [Online]
Available at: <https://www.phoenixcontact.com/online/portal/us?uri=pxc-oc-itemdetail:pid=2866792>
[Haettu 29 12 2017].

Pylvänäinen, J., 2007. *PRO-016319_0.4 GEC Centralized Point*.

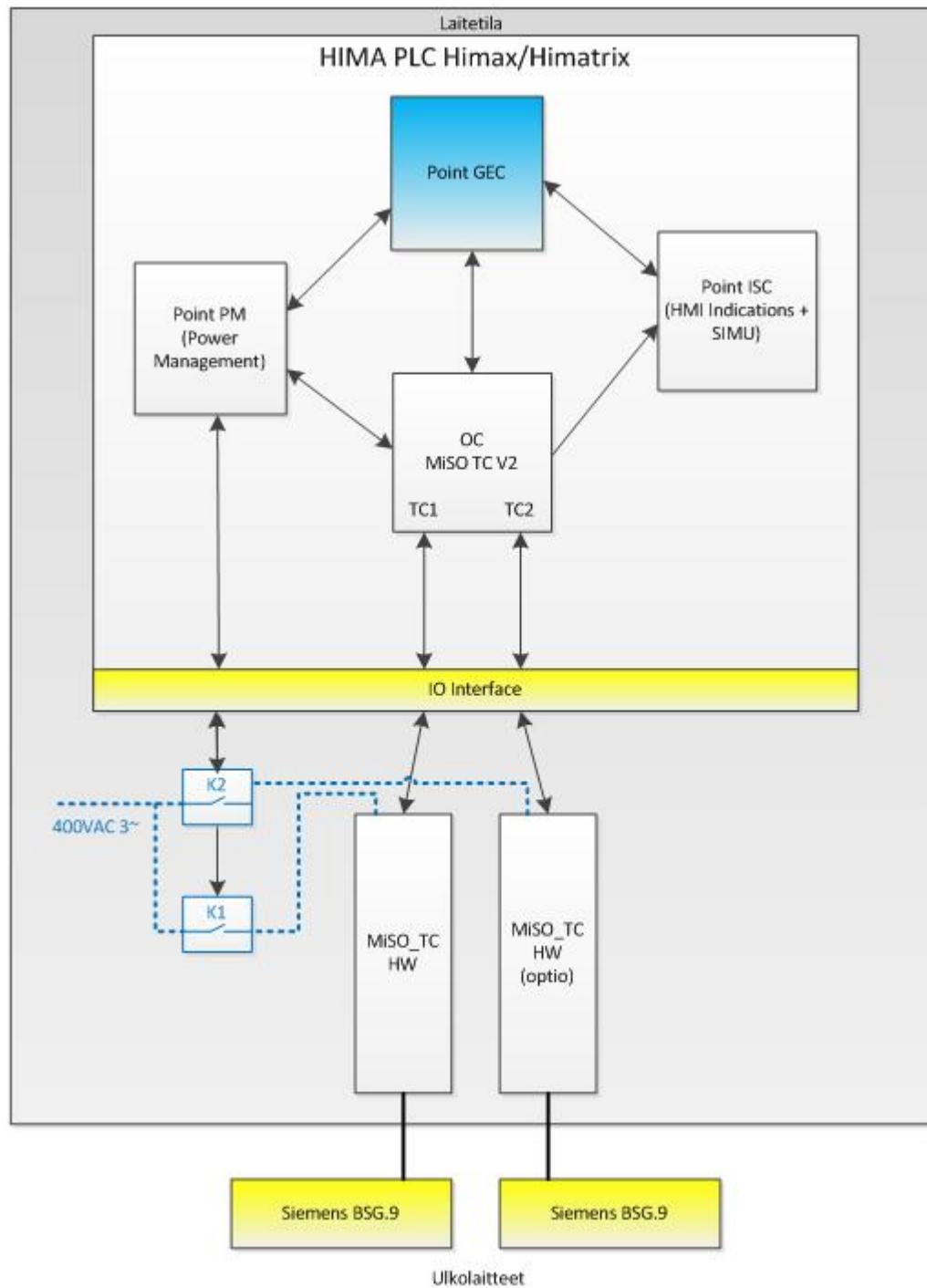
Rittal, 2017. *rittal.com*. [Online]
Available at: <https://www.rittal.com/my-en/product/list/variations.action?productID=PRO0033>
[Haettu 28 12 2017].

Kuvaluettelo

Kuva 1. Vaihteen pääosat (Liikennevirasto 2013)	9
Kuva 2. Vaihteenohjaimen sijainti ohjausketjussa (Kokkonen 2017)	10
Kuva 3. Vaihteenohjaimien relesuojaus yksinkertaistettuna	12
Kuva 4. 4Q1-kontaktorin toiminta XKL-riviliittimien ja logiikan valvontapiirin osalta	13
Kuva 5. Relesuojauksen jako kääntölaitteiden määrän mukaan	14
Kuva 6. Testiohjelmiston rakenne	17
Kuva 7. Diagnoosi-blokki	18
Kuva 8. Testauskomennot-blokki	19
Kuva 9. Lupakäsittely-blokki	20
Kuva 10. Pakintestaus-blokki	21
Kuva 11. Vaihteen ohjelmiston arkkitehtuuri (Läntinen 2016)	25
Kuva 12. TK L01 ja L02 asennuslevyjen kalustus	26
Kuva 13. TK L03 ja L04 asennuslevyjen kalustus	26

taulukkoluetelo

Taulukko 1. Testilaitteiston yleiset toiminnot	7
Taulukko 2. Vaihteenohjaimien testaukseen liittyvät toiminnot	7
Taulukko 3. Vaihteenohjaimen tulot ja lähdöt testilaitteistossa	7



Kuva 11. Vaihteen ohjelmiston arkkitehtuuri (Läntinen 2016)

